

# REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNI DI CASTELLANA SICULA - PETRALIA SOTTANA

PROVINCIA DI CALTANISSETTA

COMUNI DI RESUTTANO - SANTA CATERINA VILLARMOOSA - VILLALBA

Il Committente:



NP Sicilia 7 S.r.l.

Galleria Passarella, 2

20122 MILANO

P.IVA - C.F. 12931930965

Il Progettista:



dott. ing. VITTORIO RANDAZZO



dott. ing. VINCENZO DI MARCO

Titolo del progetto:

**PARCO EOLICO "SAN NICOLA"**  
**POTENZA NOMINALE 39,6 MW**

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

NPS7\_RES\_D08\_REL

ID PROGETTO:

TIPOLOGIA:

FORMATO:

A4

TITOLO:

RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 KV

FOGLIO:

SCALA:

NA:

Rev:	Data	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0				V.D.	V.R.
1			L.C.	V.D.	V.R.



	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 1

## INDICE

1. INTRODUZIONE .....	2
2. PROGETTO .....	5
2.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	5
2.2 DATI DI PROGETTO.....	7
3. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI .....	9
4. CRITERI DI CALCOLO .....	14
4.1 CALCOLO DELLA PORTATA .....	14
4.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO.....	15
4.3 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONI .....	16
5. PROTEZIONE DEI CIRCUITI DALLE SOVRACORRENTI .....	17
5.1 PROTEZIONE DAL SOVRACCARICO .....	17
5.2 PROTEZIONE DAL CORTO CIRCUITO .....	17
6. RISULTATI DI CALCOLO .....	19

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO “SAN NICOLA”</b></p>	 		
	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b></p>	<p align="center">01/07/2024</p>	<p align="center">REV.1</p>	<p align="center">Pag. 2</p>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è stata integrata a seguito di alcuni interventi in variante al progetto del parco eolico di NP Sicilia7 s.r.l. denominato “SAN NICOLA” sito nei comuni di Resuttano (CL), Santa Caterina Villarmosa (CL), Villalba (CL), Castellana Sicula (PA) e Petralia Sottana (PA). L'impianto è caratterizzato da una potenza in immissione pari a 39,6 MW, alla quale va aggiunto un impianto di accumulo avente potenza nominale pari a 30 MW.

La presentazione dell'istanza di VIA è stata effettuata in data 05/01/2024, con l'avvio della consultazione pubblica in data 15/02/2024 e avente codice di procedura (ID\_VIP7ID\_MATTM) 10879.

Gli interventi di cui alla presente variante rispecchiano la volontà della Società proponente, nel pieno spirito di leale collaborazione che la contraddistingue, di voler riscontrare il parere espresso dal CTS n. 199 del 18/04/2024 trasmesso dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Divisione V – Procedure di valutazione VIA e VAS prot. n. 41809 in data 12/06/2024, con il fine di ottenere il riesame dello stesso.

In estrema sintesi, le modifiche apportate al progetto prevedono:

- Soppressione degli aerogeneratori WTG 1, WTG 5 e WTG 7;
- Posizionamento di due nuovi aerogeneratori WTG 8 e WTG 9;
- Ri-tracciamento del percorso del cavidotto interessante il comune di Castellana Sicula (PA), nello specifico il tratto interessante la S.S. n 121 “*La Catanese*” al fine di non interferire con la realizzazione/ammodernamento dell'asse ferroviario Palermo-Catania di cui al “*Lotto 3 – Tratta Lercara Diramazione – Caltanissetta Xirbi*” di Rete Ferroviaria Italiana (RFI) e approvato favorevolmente in via definitiva nella relativa Conferenza dei Servizi;

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b></p>	<p align="center">01/07/2024</p>	<p align="center">REV.1</p>	<p align="center">Pag. 3</p>

Su incarico di NP Sicilia 7 s.r.l., le società AGON Engineering S.r.l. ed Entrope s.r.l. hanno redatto il progetto definitivo relativo alla realizzazione di un impianto eolico ricadente all'interno dei territori comunali di Resuttano (CL), Santa Caterina Villarmosa (CL).

Il progetto prevede l'installazione di 6 nuovi aerogeneratori, rispetto alla precedente versione che ne prevedeva 7, con potenza unitaria di 6,6 MW, ciò porta una potenza complessiva di impianto pari a 39,6 MW, così collocati all'interno del territorio: le WTG 2, WTG 3, WTG 4 nel comune di Resuttano (CL), le WTG 6, WTG 8 e WTG 9 in quello di Santa Caterina Villarmosa (CL). Per quanto riguarda la viabilità di esercizio, nonché il cavidotto di collegamento alla rete elettrica nazionale, interesserà anche i comuni di Villalba (CL), Castellana Sicula (PA) e Petralia Sottana (PA).

Nel territorio comunale di Villalba (CL), inoltre, saranno realizzati: una nuova Cabina Utente di connessione (CU) e un sistema di accumulo (Storage) caratterizzato da una potenza nominale di 30 MW, una potenza installata di 32,194 MW e una capacità di 128, 596 MWh. Entrambe le strutture sono collocate nelle vicinanze dell'area destinata alla realizzazione di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiamonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

Il presente documento descrive il calcolo preliminare di dimensionamento dei cavi di Alta Tensione (36 kV) delle linee (o dorsali) di collegamento delle 6 torri di generazione eolica alla Cabina Utente (CU) e da questa al punto di consegna della SE Terna. Le torri saranno collegate tra loro in entra-esce a formare tre stringhe di torri da n.2 torri (per il dettaglio dei collegamenti si rimanda allo schema unifilare allegato al progetto) tramite cavidotti interrati con tensione nominale pari a 36 kV, posizionati prevalentemente sotto la sede stradale (asfaltata e sterrata, sia esistente che da realizzare) dei comuni suddetti. In uscita dalla torre 4, dalla torre 6, dalla torre 2 e dallo Storage si dipartono le terne (n. 4 complessivamente) di collegamento dell'impianto eolico alla nuova Cabina Utente (CU) da

	<b>PARCO EOLICO “SAN NICOLA”</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 4

cui si dipartirà una doppia terna<sup>1</sup> di cavi che trasporterà l’energia generata alla SE di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaramonte Gulfi - Ciminna”, previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

Il tracciato del cavidotto costituito complessivamente da 4+2 terne (quattro interne di collegamento alla CU e 2 esterne di connessione alla SE) a 36 KV è identificabile sulle planimetrie presentate nell’elaborato *“Planimetria del tracciato del cavidotto”*.

Si ritiene opportuno specificare che il sistema adottato nella risoluzione dei presenti sistemi di trasmissione dell’energia prodotta dal parco si è ritenuto opportuno utilizzare un sistema di cavi misto: cavi in alluminio tipo ARE4H5EE per il cavidotto interno (cavidotti di connessione tra le torri, tra queste e la Cabina utente e tra lo storage e la già citata Cabina Utente) e cavidotto in rame per la doppia terna di connessione tra la CU e il punto di consegna alla RTN. Tale scelta è stata adottata al fine di rispettare le prescrizioni presenti nell’allegato A.17 di Terna S.p.a. relative al collegamento dell’impianto di Utente alla Stazione RTN per connessioni alla tensione nominale di 36 kV.

<sup>1</sup> Cfr Terna Allegato A.17 rev.03 §6.1.2.: **“la linea di collegamento a 36 kV dell’impianto di Utente alla stazione RTN, se realizzata in cavo, deve essere connessa ad una singola cella 36 kV con un numero di terne in parallelo non superiore a 2.** In caso di potenze di impianto non trasportabili (indicativamente P> 60 MW) con 2 terne di cavi, si dovranno utilizzare due celle distinte sulla medesima sezione 36 kV della SE Terna.”

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO “SAN NICOLA”</b></p>	 		
	<p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</p>	<p align="center">01/07/2024</p>	<p align="center">REV.1</p>	<p align="center">Pag. 5</p>

## 2. PROGETTO

### 2.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto eolico è costituito da sei (6) aerogeneratori, ciascuno dei quali comprende un generatore asincrono trifase ( $V = 690 \text{ V}$ ,  $P = 6,6 \text{ MW}$ ), per una potenza complessiva di 39,6MW e da un impianto di Storage che comprende 26 Container Batteria, per una potenza nominale di 30,0 MW.

Ciascun generatore eolico produrrà energia elettrica alla tensione di 690 V c.a. All'interno di ciascuna torre sarà installato un trasformatore 0.69/36 kV per la trasformazione della tensione in AT a 36 kV.

I 6 aerogeneratori sono interconnessi a formare stringhe tramite cavidotti interrati in AT avente tensione nominale 36 kV. Questi convergeranno ai vari nodi e successivamente portati al quadro di AT del locale a 36 kV che sarà posizionato all'interno dell'area dedicata alla Cabina Utente.

I Container Batteria dello Storage saranno collegati, invece, in corrente continua agli inverter che saranno connessi, a loro volta, ai trasformatori elevatori. Quest'ultimi verranno indirizzati alla "Switchgear Room" da cui partirà una dorsale a 36 kV che si andrà ad innestare sempre al quadro di AT a 36 kV posizionato all'interno della Cabina Utente (CU). All'interno della CU sarà pertanto posizionato un quadro in alta tensione a 36 kV in cui convergeranno le quattro dorsali in AT e in alluminio di collegamento (3 provenienti dalle stringhe di turbine e una proveniente dallo Storage). In uscita dalla CU una doppia terna di cavi, in rame e in AT, si andrà quindi ad attestare sullo stallo utente previsto all'interno della futura sotto stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

In dettaglio l'impianto e le opere elettriche necessarie al collegamento alla rete AT della RTN dell'energia prodotta dal parco eolico sono le seguenti:

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b></p>	<p>01/07/2024</p>	<p>REV.1</p>	<p>Pag. 6</p>

- 6 aerogeneratori ad asse orizzontale;
- 6 cabine di trasformazione poste all'interno delle torri;
- 26 Container Batteria;
- 26 inverter;
- 13 trasformatori;
- Cavidotto in alluminio interrato in alta tensione (36 kV) per il collegamento di tutti gli aerogeneratori previsti nel progetto;
- N. 4 Dorsali in alluminio in partenza dagli ultimi nodi fino alla cabina di utenza in cui sarà posizionato il quadro AT a 36 kV;
- N.1 stazione elettrica di utenza a 36 kV ubicata nel comune di Villalba (CL);
- Collegamento a 36 kV in rame, doppia terna, sullo stallo previsto all'interno della futura sotto stazione elettrica "Caltanissetta". Tale sezione permette la connessione dei produttori a 36 kV sulla RTN.

Tutti i dettagli tecnici delle suddette opere sono descritti nelle relazioni allegate al presente progetto.

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 7

## 2.2 DATI DI PROGETTO

In Tabella 1 si riportano i dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei cavi.

**Tabella 1: Dati di progetto per il dimensionamento dei cavi a 36 kV**

Dati di progetto	Valore
Tensione di rete impianto eolico	36kV
Materiale del conduttore	Rame per il cavidotto esterno Alluminio per il cavidotto interno
Profondità di posa	1,1- 1,2 m
Temperatura del terreno	25 °C
Resistività del terreno	2 °C m/W
Potenza nominale aerogeneratori	6,6MW
Potenza nominale di impianto (Generazione + Storage)	69,6MW
Fattore di potenza	0,95

La lunghezza di ogni tratta di collegamento in cavo è stata ricavata dalla planimetria generale di impianto in cui è mostrata la posizione delle torri degli aerogeneratori ed il percorso dei cavi.

La lunghezza di cavo risultante è stata quindi aumentata per tenere in considerazione delle risalite nelle torri, sfridi, variazione di quota del terreno e piccole deviazioni di percorso.

Sono state individuate le seguenti linee in partenza dagli aerogeneratori fino alla CU (passando per i nodi indicati in planimetria):

- Linea 1: in AI, collega le torri dalla 8 alla 6 e da quest'ultima alla Cabina Utente;

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 8

- Linea 2: in Al, collega le torri dalla 9 alla 4 e da quest'ultima alla Cabina Utente;
- Linea 3: in Al, collega le torri dalla 3 alla 2 e da quest'ultima alla Cabina Utente;
- Linea 4: in Al, collega lo Storage alla Cabina Utente;
- Linea 5: in Cu, Linea di collegamento tra Cabina Utente e la futura sotto stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150/36 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN "Chiaramonte Gulfi - Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna, cui raccordare la rete AT afferente alla SE RTN di Caltanissetta.

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 9

### 3. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI CAVI

Scopo del presente paragrafo è quello di fornire le caratteristiche tecniche ed elettriche dei cavi che verranno utilizzati per il collegamento in alta tensione.

I cavi AT utilizzati per le linee elettriche interrato, per il collegamento tra gli aerogeneratori, così come i cavi tra questi ultimi e la stazione elettrica di utenza, saranno del tipo unipolare, adatti a posa interrato, con conduttore in Cu (per il cavidotto esterno) o in Al (per il cavidotto interno). Si rimanda alle seguenti figure 1 e 2 per i principali dati tecnici dei cavi.

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 10

### APPLICATIONS AND CHARACTERISTICS

In HV energy distribution networks for voltage systems **up to 42kV**. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.

**SHOCK PROOF SK2** has a very good shock resistance characteristics. The two special outer sheaths provide an excellent protection against impact and mechanical abuse during the lifetime of the cable.

**Shock Proof SK2** cable performances has been evaluated against mechanical protection by the abrasion test and the impact test included in CEI 20-68 standard.

**This type of cable can be directly buried without additional protections because it is comparable to an armoured cable.**

### FUNCTIONAL CHARACTERISTICS

Rated voltage $U_0/U$ :	<b>20,8/36 kV</b>
Maximum voltage $U_m$ :	<b>42 kV</b>
Test voltage:	<b>2,5 <math>U_0</math></b>
Max operating temperature of conductor:	<b>90 °C</b>
Max short-circuit temperature:	<b>250 °C (for max 5 s)</b>
Max short-circuit temperature (screen):	<b>150 °C</b>

### CONSTRUCTION

- 1. Conductor**  
*stranded, compacted, round, **aluminium** - class 2 acc. to IEC 60228*
- 2. Conductor screen**  
*extruded semiconducting compound*
- 3. Insulation**  
*extruded cross-linked polyethylene (**XLPE**) compound*
- 4. Insulation screen**  
*extruded semiconducting compound - **fully bonded***
- 5. Longitudinal watertightness**  
*semiconducting **water blocking tape***
- 6. Metallic screen and radial water barrier**  
***aluminium tape** longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)*
- 7. First sheath - 1**  
*extruded **PE** compound*
- 8. Second sheath - 2**  
*extruded **PE** compound - colour: **red** with improved **impact resistance***

**ARE4H5EE**  
**20,8/36 kV**  
**1x... SK2**

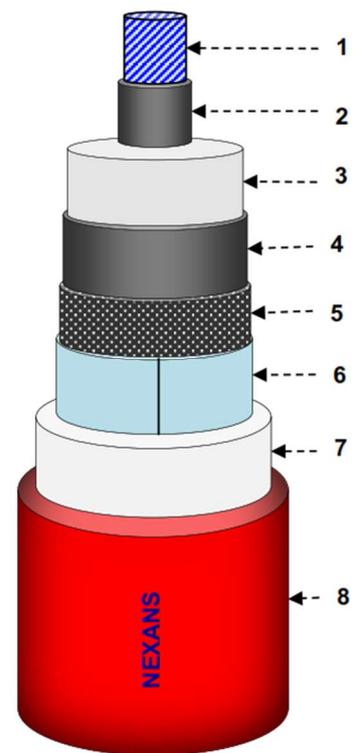


Figura 1 - Cavidotto interno Alluminio

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO “SAN NICOLA”</b></p>	 		
	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b></p>	01/07/2024	REV.1	Pag. 11

#### RG7H1R / Descrizione

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso (solo cavi  $U_0/U \geq 6/10$  kV)
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi  $U_0/U \geq 6/10$  kV)
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG7H1RX seguita dalla tensione nominale di esercizio.

#### RG7H10R / Descrizione

- Cavi tripolari isolati in gomma HEPR di qualità G7, sotto guaina di PVC.
- Conduttore (\*): rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso (solo cavi  $U_0/U \geq 6/10$  kV)
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G7 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi  $U_0/U \geq 6/10$  kV)
- Schermo: nastri di rame rosso avvolti
- Identificazione fasi: fili o nastri colorati
- Riempitivo: estruso penetrante tra le anime
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità Rz
- Colore: rosso

#### Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio  
RG7H1R:  $U_0/U$  1,8/3 ÷ 26/45 kV  
RG7H10R:  $U_0/U$  1,8/3 ÷ 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C (in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

#### Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 12 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm<sup>2</sup> di sezione del rame

#### Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.



Figura 2 - Cavidotto esterno Rame

Il cavidotto AT che interessa il collegamento tra gli aerogeneratori e la sotto stazione utente seguirà le modalità di posa riportate nella norma CEI 11-17, sarà costituito da cavi unipolari (ad elica visibile) posti all'interno di tubazione e direttamente interrati, ovvero modalità di posa tipo **M**, ad eccezione degli attraversamenti di opere stradali e o fluviali richieste dagli enti concessionari, per i quali sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, modalità di posa **N**, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata (TOC). Sulla maggior parte del cavidotto interrato, la posa verrà eseguita realizzando uno scavo di profondità 1.10-1.20 m (la prima profondità è da

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 12

considerarsi in terreno agricolo) e larghezza alla base variabile in base al numero di conduttori presenti; in alcune sezioni in corrispondenza delle interferenze rilevate (Rel.02 - Risoluzione Interferenze), la profondità di posa assume valori differenti.

La sequenza di posa dei vari materiali, partendo dal fondo dello scavo, sarà la seguente.

- Strato di sabbia di 10 cm;
- Cavi posati a trifoglio di sezione 95, 240 e 800 mm<sup>2</sup> in Alluminio per il cavidotto interno al parco posati direttamente sullo stato di sabbia e ricoperti da uno stato di sabbia con opportuna caratteristiche termiche;
- doppia terna da 630 mm<sup>2</sup> in rame come misura per il collegamento della CU alla SE posati direttamente sullo stato di sabbia e ricoperti da uno stato di sabbia con opportuna caratteristiche termiche;
- Posa della lastra di protezione supplementare;
- Posa del Nastro monitore (a non meno di 20 cm dai cavi);
- Riempimento finale con il materiale di risulta dello scavo e ripristino del manto stradale ove necessario, secondo le indicazioni riportate nelle concessioni degli enti proprietari.

Attorno gli aerogeneratori e all'area destinata ad ospitare la Cabina Utente è prevista la posa di una corda in rame nudo, di sezione minima almeno pari a 50 mm<sup>2</sup>, per la messa a terra dell'impianto.

Lungo il percorso di avvicinamento alle infrastrutture la messa a terra dei cavi sarà garantita dal collegamento a terra dell'armatura degli stessi.

Le terminazioni e le giunzioni per i cavi di energia devono risultare idonee a sopportare le sollecitazioni elettriche, termiche e meccaniche previste durante l'esercizio dei cavi in condizioni ordinarie ed anomale (sovracorrenti e sovratensioni). La tensione di designazione U degli accessori deve essere almeno uguale alla tensione nominale del sistema al quale

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 13

sono destinati, ovvero 36 kV. I componenti e i manufatti adottati per la protezione meccanica supplementare devono essere progettati per sopportare, in relazione alla profondità di posa, le prevedibili sollecitazioni determinate dai carichi statici, dal traffico veicolare o da attrezzi manuali di scavo, secondo quanto previsto nella norma CEI 11-17. I percorsi interrati dei cavi devono essere segnalati, in modo tale da rendere evidente la loro presenza in caso di ulteriori scavi, mediante l'utilizzo di nastri monitori posati nel terreno a non meno di 0.2 m al di sopra dei cavi, secondo quanto prescritto dalla norma CEI 11-17. I nastri monitori dovranno riportare la dicitura "Attenzione Cavi Energia in Alta Tensione".

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</p>	<p>01/07/2024</p>	<p>REV.1</p>	<p>Pag. 14</p>

## 4. CRITERI DI CALCOLO

I cavi sono stati dimensionati seguendo la normativa di riferimento. In particolare le norme tecniche di riferimento sono le seguenti:

- **IEC 60840:** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV (Um= 36 kV) up to 150 kV (Um = 170 kV)
- **CEI EN 60909 (11-25)** – Calcolo di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata;
- **IEC 60287:** Electric cables – Calculation of the current rating;
- **CEI 11-17:** Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo.

In particolare, la sezione dei cavi è stata scelta considerando i seguenti aspetti:

- Portata nominale
- Massima caduta di tensione ammissibile
- Tenuta al corto circuito
- Tipologia di posa (Trifoglio)
- Condizioni ambientali

### 4.1 CALCOLO DELLA PORTATA

La portata dei cavi in regime permanente viene determinata in accordo alla norma CEI 11-17, tenendo conto del declassamento dovuto alla temperatura, profondità e tipologia di posa.

In particolare è utilizzata la formula seguente:

$$I_z = I_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$$

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p align="center"><b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b></p>	<p align="center">01/07/2024</p>	<p align="center">REV.1</p>	<p align="center">Pag. 15</p>

dove:

- $I_0$  = portata in condizioni nominali dei conduttori, è ricavata dai datasheet del costruttore;
- $k_1$  = fattore di correzione per temperature del terreno diverse da 20 °C 0,96
- $k_2$  = fattore di correzione che tiene conto del numero di circuiti affiancati, va considerato che, durante l'avvicinamento alla CU, i cavidotti saranno disposti affiancati per la maggior parte del tragitto in formazione da due circuiti, si è scelto quindi di utilizzare il fattore di correzione pari a 0,80;
- $k_3$  = fattore di correzione per profondità di posa diversa 0,96
- $k_4$  = di correzione per resistività termica del terreno diversa da quella di riferimento 0,90

Il valore  $I_z$  così ottenuto restituisce la portata del cavo per le condizioni di posa indicate ma non tiene conto della dispersione termica aggiuntiva ottenuta dalla posa del cavo direttamente a contatto col suolo. Per tenere conto di tale fattore bisogna moltiplicare il valore precedentemente ottenuto per un ulteriore fattore di correzione ( $k^*$ ) posto pari a 1,15.

$$I_z^1 = I_z \times k^*$$

## 4.2 CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO

In termini di correnti di corto circuito la sezione minima del conduttore può essere calcolata tramite la seguente equazione:

$$S_{min} = \frac{I_{cc} * \sqrt{t}}{C}$$

Dove:

- $I_{cc}$  = Corrente di corto circuito (A)
- $C$  = coefficiente definito dalla Norma CEI 11-17 (Tabella 4.2.2)

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 16

➤ t = Tempo di eliminazione del corto circuito

### 4.3 CALCOLO DELLE CADUTE DI TENSIONI

Sul percorso considerato la caduta di tensione è calcolata secondo la formula:

$$\Delta V = \sqrt{3} * I * L * (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

	<p align="center"><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p align="center">RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</p>	<p align="center">01/07/2024</p>	<p align="center">REV.1</p>	<p align="center">Pag. 17</p>

## 5. PROTEZIONE DEI CIRCUITI DALLE SOVRACORRENTI

### 5.1 PROTEZIONE DAL SOVRACCARICO

La protezione dei circuiti nei confronti di un sovraccarico, per via della tipologia di impianto elettrico in oggetto, è stata omessa in quanto sarà impossibile l'insorgere di un sovraccarico essendo le potenze in gioco ben definite e limitate dal valore di producibilità massima delle turbine eoliche. Pertanto, il dimensionamento dei cavi di distribuzione garantisce intrinsecamente la condizione di normale esercizio in relazione alle correnti di impiego in gioco.

Tuttavia, le protezioni dei circuiti sono state scelte garantendo che la corrente nominale dell'interruttore automatico deve essere scelta in relazione alla portata del cavo, ossia deve essere superiore o uguale alla corrente massima transitabile nel cavo per un tempo indefinito, senza che in questo si raggiungano sovratemperature inaccettabili.

### 5.2 PROTEZIONE DAL CORTO CIRCUITO

La protezione contro i cortocircuiti è stata perseguita con interruttore e relè controllati da relè di protezione posti nel quadro di distribuzione generale della stazione utente a 36 kV. Secondo la norma IEC 60364-5-54, deve essere scelta una sezione minima del cavo che rispetti la seguente formula:

$$I^2 * t < K^2 * S^2$$

Dove:

- $t$  è la durata del guasto in secondi;
- $S$  rappresenta la sezione del cavo in mm<sup>2</sup>;
- $I$  è il valore della corrente di corto circuito in Ampere;

	<b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b>	 		
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</b>	01/07/2024	REV.1	Pag. 18

- K è una costante elettrica dei cavi che dipende sia dal materiale del conduttore sia dal tipo di isolante del cavo scelto.

In merito al valore di corrente di cortocircuito scelto a livello del quadro di sottostazione, si è considerata la massima delle correnti ammissibili dalle celle di alta tensione. Ci si è posti quindi nelle condizioni peggiori di esercizio, garantendo quindi un corretto dimensionamento dei cavi. Il soddisfacimento della relazione di cui sopra garantisce che il cavo, nell'intervallo di tempo compreso tra lo stabilirsi del cortocircuito e l'istante di apertura del circuito da parte delle protezioni, non risulterà danneggiato dalla sovratemperatura determinata dalla corrente di cortocircuito stessa.

	<p><b>PARCO EOLICO "SAN NICOLA"</b></p>	 		
	<p>RELAZIONE DI CALCOLO DIMENSIONAMENTO CAVI A 36 kV</p>	<p>01/07/2024</p>	<p>REV.1</p>	<p>Pag. 19</p>

## 6. RISULTATI DI CALCOLO

I risultati del calcolo di dimensionamento sono riportati nella pagina successiva, con evidenziate le sezioni e le tipologie preliminarmente scelte per il progetto.

